



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**  
①⑩ **DE 42 11 556 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 06 F 15/48**  
G 09 B 9/00  
// A61B 5/18

②① Aktenzeichen: P 42 11 556.6  
②② Anmeldetag: 6. 4. 92  
④③ Offenlegungstag: 7. 10. 93

DE 42 11 556 A 1

⑦① Anmelder:  
Onken, Reiner, Prof.Dr.-Ing., 85579 Neubiberg, DE;  
Feraric, Johann-Peter, Dipl.Ing., 85579 Neubiberg,  
DE; Kopf, Matthias, Dipl.Ing., 85579 Neubiberg, DE

⑦② Erfinder:  
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur fahreradaptiven, situationsspezifischen Modellierung des Autofahrerverhaltens in realer Fahrumgebung

⑤⑦ Bei der Modellierung des Fahrerverhaltens besteht die Schwierigkeit, die situationsspezifische Verhaltensweise des individuellen Fahrers mit ausreichender Genauigkeit darzustellen.

Die Modellaussagen bisheriger Ansätze sind entweder relativ ungenau oder erfordern einen vergleichsweise unverhältnismäßigen Aufwand. Bei bisherigen Modellierungsverfahren erfolgt für viele Anwendungen keine ausreichende Adaption an den Fahrer und es können nur wenige situationsrelevante Parameter berücksichtigt werden.

Die Modellierung entsprechend der Erfindung geschieht mit Neuronalen Netzen. Dies erlaubt die volle Nutzung aller verfügbaren Informationen aus unterschiedlichsten Informationsquellen. Die individuellen Verhaltensmerkmale werden damit in höchstem Maße situationsspezifisch modelliert, ohne daß alle Situationsklassen explizit erkannt werden müssen. Durch die Möglichkeit des beispielbasierten Trainierens von Neuronalen Netzen sinkt der Erstellungsaufwand für ein neuronales Fahrermodell beträchtlich.

Ein neuronales Fahrermodell kann in einem Fahrerunterstützungssystem verwendet werden; dadurch wird ein derartiges System fahreradaptiv. Insbesondere läßt sich ein Abfall der Fahrerleistung z. B. durch Ermüdung feststellen, und der Fahrer entsprechend warnen. Es ist zu erwarten, daß damit eine große Zahl von Unfällen vermieden werden kann.

Aufgrund der hohen Modellgüte ist auch eine Fahreridentifikation möglich.

DE 42 11 556 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

## Beschreibung

## Erfindung:

Verfahren zur fahreradaptiven, situationsspezifischen Modellierung des Autofahrerverhaltens in realer Fahrumgebung.

## Technisches Gebiet:

Anthropotechnik, maschinelle Fahrerunterstützung, automatische Fahrzeugführung.

## Stand der Technik:

Bisherige Modellierungsansätze basierten vor allem auf Modellen mit konventionellen regelungstechnischen Übertragungsgliedern oder statistischer Auswertung. Erste Ansätze mit Neuronale Netzen zur fahreradaptiven Fahrermodellierung waren bisher noch von sehr grundsätzlicher Art (z. B. Kraiss, Küttelwesch), ohne Ausführungsbeschreibung für die Anwendung in realer Fahrumgebung. Dabei war die Anzahl der situationsbeschreibenden Parameter und damit das trainierte Regelwerk nicht realistisch und die Netzstruktur für die Anwendung in realer Fahrumgebung zu einfach.

## Literatur:

- Johannsen, Boller, Donges, Stein: Der Mensch im Regelkreis Oldenbourg, München (1977)
- Donges: Ein regelungstechnisches Zwei-Ebenenmodell des menschlichen Lenkverhaltens im Kraftfahrzeug Zeitschrift für Verkehrssicherheit 24 (1978)
- VDI-Berichte 948: Das Mensch-Maschine-System im Verkehr S. 211 — 225 VDI-Verlag (1992)
- Kraiss, Küttelwesch: Identification und Application of Neuronal Operator Models in a Car Driving Situation IJCNN 1991

## Aufgaben:

Aufgaben, die mit dem Wissen darüber, wie sich der Fahrer normal verhält, gelöst werden können:

- Anpassung eines Unterstützungssystems für die Fahrzeugführung auf den jeweiligen Fahrer
- Vergleiche Nebenanspruch 2: Fahreradaptive Warnung
- Feststellen, ob der Fahrer nicht mehr normal fährt (z. B. wegen Ermüdung oder Alkoholeinwirkung)
- Vergleiche Nebenanspruch 3: Fahrerzustandserkennung
- Feststellen, welche Person aus einer gegebenen Fahrergruppe das Fahrzeug tatsächlich fährt.
- Vergleiche Nebenanspruch 4: Fahreridentifikation.
- Anpassung eines Systems zur automatischen Fahrzeugführung an den jeweiligen Fahrer
- Vergleiche Nebenanspruch 5: Fahreradaptive, automatische Fahrzeugführung

## Gewerbliche Nutzbarkeit:

Gewerblich nutzbar ist die Erfindung in der KFZ-In-

dustrie, wo Bestrebungen vorhanden sind, den Fahrer über Einbau entsprechender Sensorik und Bordelektronik bei der Fahrzeugführung zu unterstützen.

## Vorteilhafte Wirkungen:

Unfallvermeidung durch rechtzeitige Warnung des Fahrers, Fahrzeugsicherung, Fahrerentlastung.

## Ausführung:

Die Ausführung wird am Beispiel der Situationsklasse "Spurhalten" erläutert:

Die Komponenten ① und ② von Zeichnung 1 stellen die trainierten, parallel betriebenen Informationsverarbeitungsstrukturen (z. B. Neuronale Netze) dar und lassen sich als Softwaremodule in einem Computer realisieren. Beide Komponenten können online d. h. während der Fahrt oder offline d. h. nach der Fahrt trainiert werden. Beide Komponenten haben die für alle Situationsklassen gemeinsame Netztopologie gemäß Zeichnung 2 und bestehen z. B. entsprechend Zeichnung 3 bei der Situationsklasse "Spurhalten" aus einer gegebenen Zahl von Inputunits für die Eingabe der Informationen über den Fahrzeugbewegungszustand und den Fahrbahnverlauf, einer auf der Basis der vorher festgelegten Inputunits minimierten Anzahl von Hiddenunits und der Outputunit, die den Lenkinkel  $\delta_N$  (nT) bzw. dessen Streuung angibt.

Die benötigten situationsbeschreibenden Eingabegrößen für die Inputunits (in der Zeichnung 1 dargestellt durch Vektor  $x$ ) werden durch konventionelle Sensoren, Systeme zur maschinellen Wahrnehmung (z. B. maschinelles Sehen) und Kommunikation bereitgestellt sowie über einen Situationsklassifikator (Komponente ④) der Netzgruppe für die jeweilige Situationsklasse, d. h. bei dem gewählten Beispiel den Netzen 1 und 2 der Situationsklasse "Spurhalten" zugeführt. (siehe Komponente ③ von Zeichnung 1). Der Situationsklassifikator nimmt, wenn erforderlich, die Klassifikation der Verkehrssituationen vor (Kopf 92). Sein Ergebnis wird auch (in Zeichnung 1 nicht dargestellt) den Komponenten ⑧ und ⑨ zur Verfügung gestellt.

In den Zeichnungen 2 und 3 bilden die Hiddenunits eine Summe der gewichteten Eingänge; ihre Ausgabe ist eine nichtlineare Funktion dieser Summe. Die Outputunit arbeitet in der gleichen Weise wie die Hiddenunit. Bei dem Beispiel der Fahraufgabe "Spurhalten" gibt es nur eine Outputunit, die den Lenkwinkel (Komponente ①) bzw. dessen Streuung (Komponente ②) erzeugt. Das Netzpaar, bestehend aus den Komponenten ① und ②, wird mit einem Trainingsdatensatz trainiert, der einem vorausgegangenen Fahrabschnitt bei normaler Fahrweise des Fahrers entnommen ist. Dieses Netzpaar beschreibt das normale Fahrerverhalten. Ein weiteres Netzpaar kann während der Fahrt auf das aktuelle Fahrverhalten des Fahrers trainiert werden.

Die das normale Fahrverhalten beschreibenden Ausgänge der Komponenten ① und ② werden den Komponenten ⑤ und ⑥ zugeleitet.

Komponente ⑤ ermittelt unter Benutzung physikalischer Ansätze ein Zeitmaß, die situationsspezifische mittlere Zeitreserve  $T_{res,m}$  und deren Streuung  $\Delta T_{res,m}$ .  $T_{res,m}$  gibt an, wieviel Zeit im Mittel in der jeweiligen Situation zur Unfallvermeidung zur Verfügung steht.

Komponente ⑥ identifiziert den Fahrer durch einen Vergleich der Ausgaben von Komponente ① und ② mit

den tatsächlichen Fahraktionen, z. B. beim "Spurhalten" mit dem tatsächlich gemessenen Lenkwinkel  $\delta$ .

Der Komponente ⑦ wird die aktuelle Fahraktion — beim "Spurhalten" der Lenkwinkel  $\delta$  — zugeleitet. Diese ermittelt unter Benutzung physikalischer Ansätze aus den gegebenen Meßgrößen die tatsächliche Zeitreserve  $T_{res,ist}$ .

Die Ausgänge der Komponenten ⑤ und ⑦ werden den Komponenten ⑧ und ⑨ zugeführt.

Komponente ⑧ vergleicht die aktuelle Zeitreserve  $T_{res,ist}$  mit der situationsspezifischen mittleren Zeitreserve  $T_{res,m}$  und deren Streuung  $\Delta T_{res,m}$  und steuert eine Warenausgabe an den Fahrer, wenn  $T_{res,ist}$  außerhalb eines vorgegebenen Streuungsbereiches um  $T_{res,m}$  liegt.

In Komponente ⑨ wird entweder durch Beobachten der relativen Häufigkeit der Abweichungen der tatsächlichen Zeitreserve  $T_{res,ist}$  von einer festgesetzten Schranke oder durch Vergleich mit auf das aktuelle Fahrerverhalten trainierten Netzen festgestellt, ob das Fahrerverhalten gegenüber dem Fahrernormalverhalten abweicht. Komponente 9 steuert eine Warenausgabe, wenn eine solche Abweichung (längere Zeit) festgestellt wird.

Die Warnausgabe ist akustischer, optischer oder haptischer Art.

#### Literatur:

(Kopf 92) Kopf, Onken: DAISY, a Knowledgeable Monitoring and Warning Aid for the Driver on German Motorways IFAC, Den Haag (1992).

#### Patentanspruch

##### Oberbegriff:

Adaptive, situationsspezifische Fahrermodellierung hoher Güte in realer Fahrumgebung **gekennzeichnet durch**

— durch ein den betrachteten Klassen von Verkehrssituationen entsprechendes Vielfaches von parallel arbeitenden, speziell trainierten Informationsverarbeitungsstrukturen, die in der hier benutzten Darstellungsform Neuronale Netze genannt werden.

— durch die Adaptivität der Fahrermodellierung auf der Basis von Off-line Training und On-line Training der Neuronalen Netze.

— durch ein realistisches Abbild der dem Fahrer verfügbaren Informationen während der Fahrt über

a) konventionelle Sensorik

b) Bildsensoren mit Bildverarbeitung

c) Kommunikation mit anderen Fahrzeugen oder fahrzeugexternen Kommunikationspartnern.

— durch situationsspezifische Fahrermodellierung, d. h. durch die Berücksichtigung aller denkbaren Situationsausprägungen der betrachteten Klassen von Verkehrssituationen.

— durch hohe Güte infolge der gleichzeitigen Anwendung der in den vorangegangenen Kennzeichnungen beschriebenen Merkmale.

— durch Anwendbarkeit des Verfahrens auf die Erzeugung fahreradaptiver Warnungen, die Fahrerzustandserkennung, die Fahreridentifikation und die automatische Fahrzeugführung.

##### 1. Hauptanspruch

Fahreradaptive Modellierung des Fahrers mit mehreren Neuronalen Netzen, wobei für jede Situationsausprägung einer jeweiligen Situationsklasse zumindest zwei Netze verwendet werden und davon

— ein Netz (② in Zeichnung 1) einen situationsspezifischen Mittelwert der Fahreraktion generiert,

— ein zweites Netz (① in Zeichnung 1) ein Maß für die situationsspezifische Streuung der Fahreraktion liefert.

Nebenansprüche:

2. Fahreradaptive Warnung (⑧ in Zeichnung 1):

Dieses Verfahren basiert auf:

— Verwendung des fahreradaptiven Fahrermodells (Hauptanspruch)

— Ermittlung eines Gefährdungsmaßes über physikalische und physiologische Parameter.

— Vergleich des aktuellen Gefährdungsmaßes mit der aus dem adaptiven Fahrermodell ableitbaren durchschnittlichen Gefährdung.

— Warnung des Fahrers bei festgestellter Überschreitung eines Gefährdungsschwellwertes.

3. Fahrerzustandserkennung (⑨ in Zeichnung 1):

Dieses Verfahren basiert auf:

— Verwendung des fahreradaptiven Fahrermodells (Hauptanspruch)

— einer statistischen Ermittlung der Häufigkeit der Abweichungen von dem Normalbereich von Fahreraktionen, der aus dem adaptiven Fahrermodell ermittelt wird und einer Bewertung dieser Häufigkeiten oder Vergleich von zwei trainierten fahreradaptiven Fahrermodellen (Hauptanspruch), einem vorab trainierten für das Normalverhalten des Fahrers und einem zweiten während der Fahrt permanent trainierten für das aktuelle Fahrverhalten des Fahrers.

— einer Warnung des Fahrers bei Überschreitung eines Häufigkeitsschwellwertes.

4. Fahreridentifikation (⑥ in Zeichnung 1)

Dieses Verfahren basiert auf

— Verwendung von fahreradaptiven Fahrermodellen (Hauptanspruch)

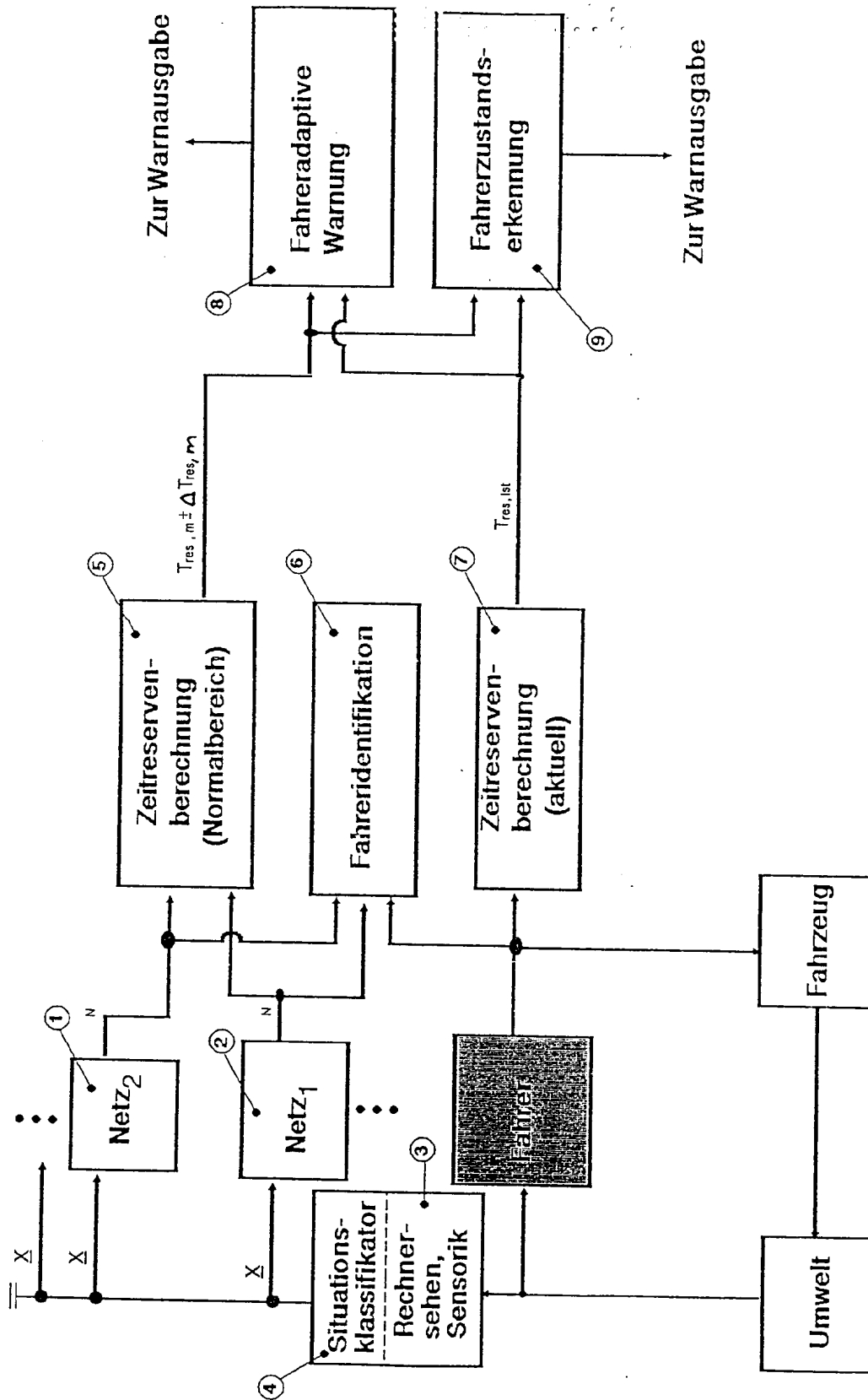
— der Identifikation des Fahrers durch Vergleich der fahreradaptiven Fahrermodelle der in Frage kommenden Fahrer mit den aktuellen Fahreraktionen.

5. Fahreradaptive, automatische Fahrzeugführung

Dieses Verfahren basiert auf:

— Verwendung des fahreradaptiven Fahrermodells (Hauptanspruch) zur automatischen Führung des Fahrzeugs anstelle bisher verwendeter Steuerungs- und Regelalgorithmen.

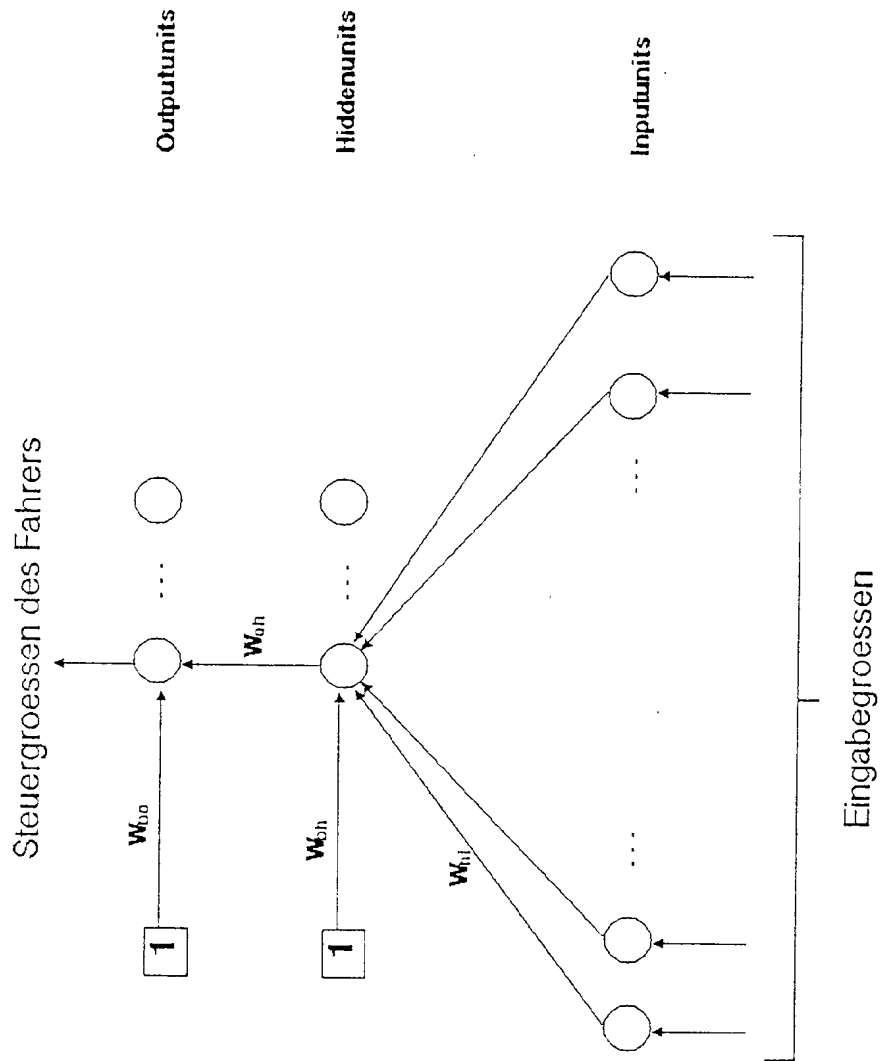
Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen



## Konzept fuer die fahreradaptive Warnung, Fahrerzustandserkennung und Fahreridentifikation

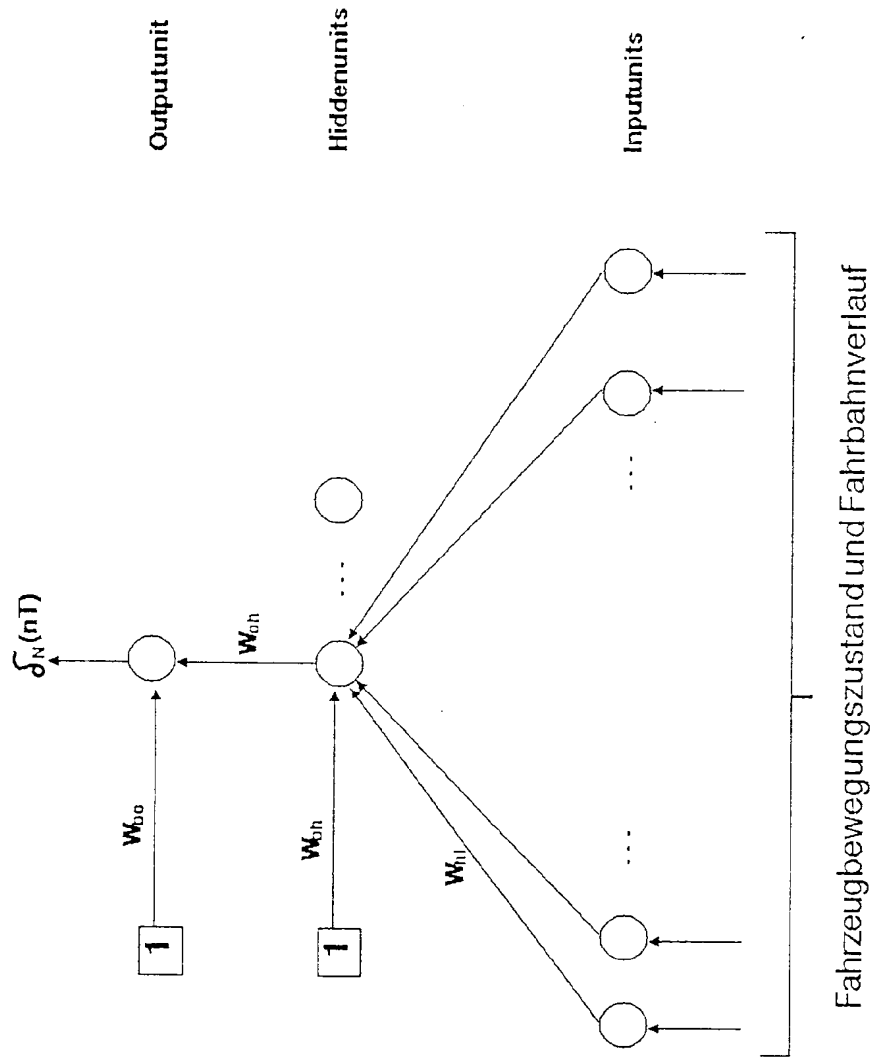
### Zeichnung1

X



## Topologie der Netze 1 und 2

Zeichnung2



## Topologie der Netze 1 und 2 fuer das Beispiel der Fahraufgabe "Spurhalten"

Zeichnung3